第Ⅲ部門　　カオス・フラクタルを用いた岩盤不連続面のラフネスデータに対する補間方法についての研究

京都大学　大学院　正会員　大西　有三
京都大学　大学院　正会員　矢野　隆夫
京都大学　大学院　学生員　○水田　潤一

1.はじめに

岩盤の力学的挙動に影響を及ぼしているのは不連続面であることから、岩盤を対象として土木構造物の設計を行う場合、不連続面のラフネス特性を知ることは重要である。そのような特性を知るうえでラフネスを計測することは不可欠であるが、計測する際いくつかの問題点がある。例えば、計測間隔の明確な基準がなく、当事者によって任意の間隔で計測されており、また現場において時間的、経済的制約のためにラフネス特性を知るのに十分なデータを得るのが難しい。そこで本研究の目的は、任意の間隔で計測されたデータから有効に利用できるデータをカオス・フラクタルの概念を用いた補間方法により推定することであるが、本文においては補間方法を確立するにあたり、まずカオスを用いて岩盤不連続面形状の評価を行った。なお本研究で用いたラフネスデータは計測間隔0.1mm、計測長128.0mmであり、このデータを様々な計測間隔Δxで抜粋し、その抜粋したデータをΔx間隔で計測したデータとして用いるものとする。また本研究に用いたラフネスをFig.1に示す。

2.補間後の影響要因

本研究における補間法の概略図をFig.2に示す。補間後の影響要因として①ラフネスの斜面総長（Σl_i）、②凹凸形状（計測点P_i、P_{i+1}の中点に対し、補間点が上下どちらに位置するか）、③計測点間の斜面長の比（$(l_i+l_{i+1})/l$）が考えられる。著者らは、フラクタルの概念を用いた補間法を提案し[1]、①についてはフラクタルを用い、②については乱数を、③については一定とした。しかし②に関して、乱数によって凹凸方向を決定するのでは偶然に支配され、補間を行う人、時間によって計算結果が異り、一つのデータに対して同じ凹凸形状を表すことができない。よって本研究において、この欠点を解消すべく新たにカオスを導入する。

3.カオスによる凹凸形状の評価

ラフネスの凹凸のとらえ方としてFig.3に示す様に二通りを仮定する。(a)は、点P_{i+1}が点P_iに対し上下どちらに位置するかを考え、(b)は、点P_{i+1}が点P_iと点P_{i+2}の中点m_iに対し上下どちらに位置するかを考える。まず最初に(a)について検討した。

実測点P_iの計測値をy_i、i番目のカオス値をc_iとし、Δy_iとΔc_iを次式のように定義する。

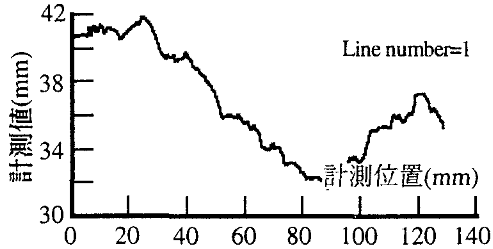

Fig.1 ラフネス計測例

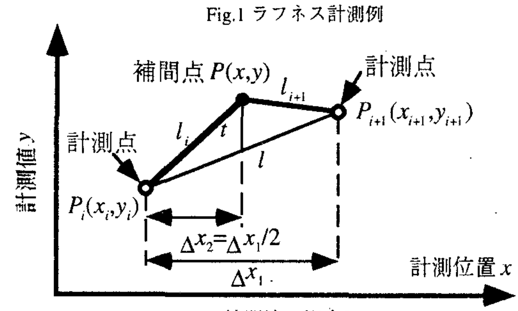

Fig.2 補間法の概念図

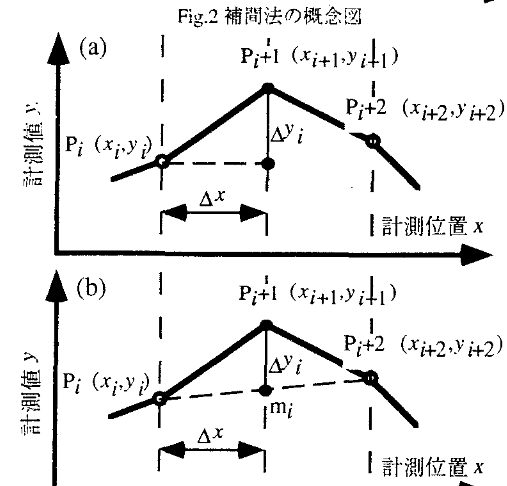

Fig.3 凹凸のとらえ方

Yuzo OHNISHI, Takao YANO, Junichi MIZUTA

$$\Delta y_i = y_{i+1} - y \quad (1)$$

$$\Delta c_i = c_{i+1} - c_i \quad (2)$$

Δy_iとΔc_iが同符号ならばそのカオス値は凹凸方向を表しており、異符号ならば表していないものとする。これを用いて同定を行うが、同定が正確に行われているかを判断する基準として誤差率なるものを定義する。

$$誤差率 = \frac{凹凸の方向が誤っている個数}{計測間隔\Delta xにおけるデータ個数} \quad (3)$$

凹凸方向を評価する数学モデルの一つとしてロジスティックモデルを用いる。

$$c_{i+1} = ac_i(1-c_i) \quad (4)$$

これにより同定を行ったが誤差率は約0.5となり凹凸形状を表現しているとは言い難い。そこでFig.4から原因を考えた。(a)はカオス値と方向列の関係を示した図であり、Fig.4(b)は対象とするラフネスデータをプロットしたものである。(b)については上りのデータが連続する区間、下りのデータが連続する区間が存在するが、(a)は上りのデータが連続する区間が存在するものの下りのデータが連続する区間が存在しない。そこでこの欠点を解消すべく次の様なモデルを提案した。

$$c_{i+1} = ac_i(1-c_i) \quad (0<c_i<0.5) \quad (5)$$

$$c_{i+1} = 1-ac_i(1-c_i) \quad (0.5<c_i<1) \quad (6)$$

(c)はこれをプロットしたものであり、上記のような欠点が解消されている。このモデルにより同定し誤差率を算出すと約0.4と凹凸形状がより良く表現できたが十分とは言い難い。そこでここまでは既存のモデルとそれらを改良したもので同定を行っていたが、Fig.5に示すようにy_iとy_{i+1}をプロットしこれを用い同定するモデルを提案することにした。Fig.5を見ると$y=x$に沿ったモデルが最適と言える。そこで次のようなモデルを考えた。

$$c_{i+1} = \frac{1}{a}c_i \quad (0<c_i<a, c_i<c_{i+1}) \quad (7)$$

$$c_{i+1} = 1-(1-\frac{1}{a})c_i \quad (1-a<c_i<1, c_i>c_{i+1}) \quad (8)$$

このモデルを用い同定したが既存モデルよりは誤差率は低下したものの凹凸形状を十分表現し得なかった。よって凹凸形状をFig.3(a)のようにカオスそのもので表現するのは難しいと考え，次に補間法に適用しやすいFig.3(b)に示すとらえ方で凹凸形状を評価した。これは、現在投稿中である「カオスによる岩盤不連続面形状の評価方法について」[2]に示しており、カオスにより凹凸形状を表現し得た。

4.結論

カオスそのものでは岩盤不連続面の凹凸形状を表現できなかったものの用い方によっては表現可能である。ゆえにカオスを導入することでより正確な補間法を確立することができるだろう。今後はいかに補間法へカオスを適用させるかを考えていかなくてはならない。

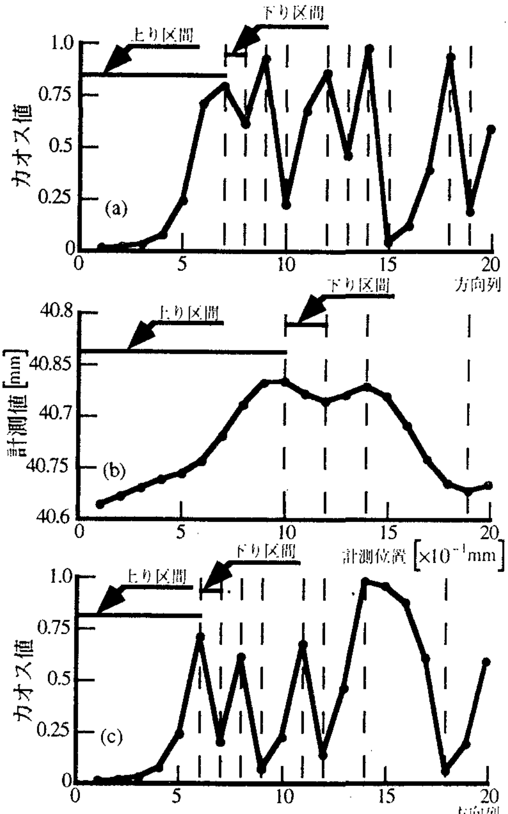

Fig.4 ラフネスと数学モデル

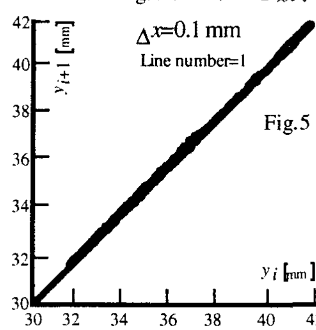

Fig.5 y_iとy_{i+1}の関係

参考文献

1)大西有三,矢野隆夫,橋村義人:フラクタルの概念を適用したラフネスの補間方法について,第32回地盤工学研究発表会講演概要集, pp.1217-1218, 1997

2)大西有三,矢野隆夫,水田潤一:カオスによる岩盤不連続面形状の評価方法について,第33回地盤工学研究発表会講演概要集（投稿中）